

[Original document](#)

# AUSTENO-FERRITIC STAINLESS STEEL EXTREMELY LOW IN NICEL CONTENT AND EXCELLENT IN TENSILE ELONGATION

Publication number: JP11071643

Publication date: 1999-03-16

Inventor: HAUSER JEAN-MICHEL; SASSOULAS HERVE

Applicant: USINOR

Classification:

- international: **C22C38/00; C22C38/58; C22C38/00; C22C38/58;**  
(IPC1-7): C22C38/00; C22C38/58

- european:

Application number: JP19980182308 19980629

Priority number(s): FR19970008180 19970630

Also published as:



EP0889145 (A1)



US6096441 (A1)



FR2765243 (A1)



BR9802386 (A)



EP0889145 (B1)



ES2193488T (T3)



DE69812234T (T2)

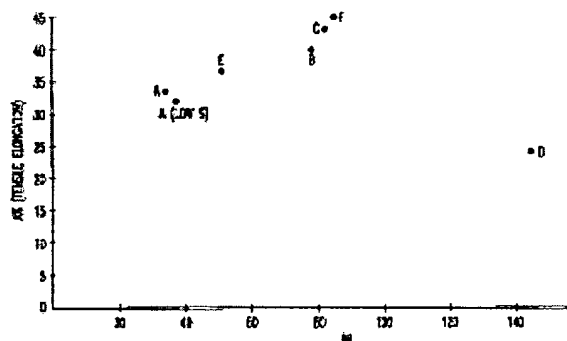


AU738930 (B2)

[less <<](#)[View INPADOC patent family](#)[Report a data error here](#)

## Abstract of JP11071643

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To produce an austeno-ferritic stainless steel extremely low in a nickel content in the compsn. and excellent in tensile elongation. **SOLUTION:** This steel has a compsn. contg., by weight, <0.04% carbon, >0.4 to <1.2% silicon, >2 to <4% manganese, >0.1 to <1% nickel, >18 to <22% chromium, >0.05 to <4% copper, <0.03% sulfur, <0.1 phosphorus, >0.1 to <0.3% nitrogen and <3% molybdenum, having such a two phase structure that the ratio of austenite is regulated to 30 to 70%. In the case  $C_{req} = Cr\% + Mo\% + 1.5Si\%$  and  $N_{eq} = Ni\% + 0.33Cu\% + 0.5Mn\% + 30C\% + 30N\%$ ,  $C_{req}/N_{eq} = 2.3$  to 2.75, the stability of austenite in the steel is controlled by the following IM index defined based on the weight compsn., and this IM shall be regulated to 40 to 115 ( $IM = 551 - 805(C+N)\% - 8.52Si\% - 8.57Mn\% - 12.51Cr\% - 36Ni\% - 34.5Cu\% - 14Mo\%$ ).

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-71643

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月16日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>C 2 2 C 38/00  
38/58

識別記号

3 0 2

F I

C 2 2 C 38/00  
38/58

3 0 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-182308

(22) 出願日 平成10年(1998) 6月29日

(31) 優先権主張番号 9 7 0 8 1 8 0

(32) 優先日 1997年 6月30日

(33) 優先権主張国 フランス (F R)

(71) 出願人 591000986

ユジノール (ソシエテ アノニム)  
フランス国 92800 ビュトー ラ デフ  
ァンス 7 クール バルミー 11/13  
イムーブル “ラ パシフィック”

(72) 発明者 ジャンーミシエル オゼール

フランス国 73400 ユージヌ リュ デ  
ュ 11 ノボンブル 276

(72) 発明者 エルヴェ サスーラ

フランス国 73400 ユージヌ シュマン  
デ セドル 199

(74) 代理人 弁理士 越場 隆

(54) 【発明の名称】 引張り延びに優れたニッケル含有率が極めて低いオーステナイト・フェライト系ステンレス鋼

(57) 【要約】

【課題】 引張り延びに優れたニッケル含有率が極めて低いオーステナイト・フェライト系ステンレス鋼。

【解決方法】 下記重量組成で炭素<0.04%、0.4%<珪素<1.2%、2%<マンガン<4%、0.1%<ニッケル<1%、18%<クロム<22%、0.05%<銅<4%、硫黄<0.03%、リン<0.1%、0.1%<窒素<0.3%、モリブデン<3%であり、この鋼はオーステナイトが30%~70%である2相構造を有し、 $Creq = Cr\% + Mo\% + 1.5Si\%$ 、 $Nieq = Ni\% + 0.33Cu\% + 0.5Mn\% + 30C\% + 30N\%$ 、 $Creq/Nieq = 2.3 \sim 2.75$ であり、この鋼のオーステナイトの安定性は重量組成に基づいて定義される下記のIM指数によって制御され、このIMは40~115でなければならない： $IM = 551 - 805(C+N)\% - 8.52Si\% - 8.57Mn\% - 12.51Cr\% - 36Ni\% - 34.5Cu\% - 14Mo\%$

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下記重量組成を特徴とする引張り延びに優れたニッケル含有率が極めて低いオーステナイト・フェライト系ステンレス鋼：

炭素<0.04%

0.4%<珪素<1.2%

2%<マンガン<4%

0.1%<ニッケル<1%

18%<クロム<22%

0.05%<銅<4%

硫黄<0.03%

リン<0.1%

0.1%<窒素<0.3%

モリブデン<3%

ただし、

この鋼はオーステナイトが30%~70%である2相構造を有し、

$C_{req} = Cr\% + Mo\% + 1.5Si\%$

$Ni_{eq} = Ni\% + 0.33Cu\% + 0.5Mn\% + 30C\% + 30N\%$

$C_{req}/Ni_{eq} = 2.3 \sim 2.75$ であり、

この鋼のオーステナイトの安定性は重量組成に基づいて定義される下記のIM指数によって制御され、このIMは40~115でなければならない：

$IM = 551 - 805(C+N)\% - 8.52Si\% - 8.57Mn\% - 12.51Cr\% - 36Ni\% - 34.5Cu\% - 14Mo\%$

【請求項2】 組成が下記の間係を満足する請求項1に記載の鋼：

$C_{req}/Ni_{eq} = 2.4 \sim 2.65$ 。

【請求項3】 硫黄含有率が0.0015%以下である請求項1または2に記載の鋼。

【請求項4】 重量組成中に0.010%~0.030%のアルミニウムをさらに含む請求項1~3のいずれか一項に記載の鋼。

【請求項5】 重量組成中に0.0005%~0.0020%のカルシウムをさらに含む請求項1~4のいずれか一項に記載の鋼。

【請求項6】 さらにその重量組成中に0.0005%~0.0030%のホウ素を含む請求項1~5に記載の鋼。

【請求項7】 炭素含有率が0.03%以下である請求項1~6のいずれか一項に記載の鋼。

【請求項8】 窒素含有率が0.12%~0.2%である請求項1~7のいずれか一項に記載の鋼。

【請求項9】 クロム含有率が19~21%である請求項1~8のいずれか一項に記載の鋼。

【請求項10】 珪素含有率が0.5~1%である請求項1~9のいずれか一項に記載の鋼。

【請求項11】 銅含有率が3%以下である請求項1~

10のいずれか一項に記載の鋼。

【請求項12】 リン含有率が0.04%以下である請求項1~11のいずれか一項に記載の鋼。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明が属する技術分野】 本発明は引張り延びに優れたニッケル含有率が極めて低いオーステナイト・フェライト系ステンレス鋼に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 ステンレス鋼は熱処理後の冶金構造によっていくつかのグループに大別され、フェライト系、マルテンサイト系、オーステナイト系、オーステナイト・フェライト系のステンレス鋼が知られている。オーステナイト・フェライト系群は一般にクロムとニッケル含有率の高い鋼すなわちクロム及びニッケルの含有率がそれぞれ20%、40%以上の鋼である。950~1150℃の温度で処理した後のこの鋼はフェライトとオーステナイトが一般にそれぞれ30%以上の割合で構成された構造である。

【0003】 この鋼は実用上多くの利点を有し、特に、例えば温度1050℃で焼きなましした時の機械特性、特に降伏応力は同じく焼きなましした状態のフェライト系ステンレス鋼またはオーステナイト系ステンレス鋼に比べてはるかに高い。一方、この鋼の延性はフェライト系鋼と同程度で、オーステナイト系鋼よりも低い。オーステナイト・フェライト系鋼の他の利点は溶接特性にある。このステンレス鋼の溶接操作後の溶融領域および熱の影響を受けた領域の構造ではフェライトおよびオーステナイトの多相構造が高度に保持され（これに対してオーステナイト系鋼では溶接部分が主としてオーステナイト系のままである）、溶接部分の機械特性すなわち使用中に溶接物に要求される耐機械応力特性が向上する。

【0004】 さらに、微細なオーステナイトを含むある種のオーステナイト・フェライト鋼は高温でゆっくりと成形した時に超塑性とよばれる高い塑性を示す。しかし、このオーステナイト・フェライト系鋼には高コストであるという欠点もある。高コストの原因としては組成中のニッケル含有率が高いこと、製造が困難であり、特にクロム含有率の高さに起因して脆い $\sigma$ 相が形成されるという製造上の問題があること、鉄含有率の高いフェライトとクロム含有率の高いフェライトとの分離によって熱間圧延後の冷却中に鋼が脆化するなどが挙げられる。さらに、室温での引張り伸びで測定したその延性は35%以下で、絞り加工、鍛造または他の方法での成形が困難であり、300℃よりも高い温度で数時間を越える時間、鋼を使用した場合には脆化が起こる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、組成中のニッケル含有率が低く、一般的性質が向上すると共にオーステナイト・フェライト系の有利な特性も有するオー

ステノ・フェライト系鋼を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の対象は下記重量組成を特徴とする引張り延びに優れたニッケル含有率が極めて低いオーステナイト・フェライト系ステンレス鋼にある：

炭素<0.04%

0.4%<珪素<1.2%

2%<マンガン<4%

0.1%<ニッケル<1%

18%<クロム<22%

0.05%<銅<4%

硫黄<0.03%

リン<0.1%

0.1%<窒素<0.3%

モリブデン<3%

ただし、この鋼はオーステナイトが30%~70%である2相構造を有し、

$Creq = Cr\% + Mo\% + 1.5Si\%$

$Nieq = Ni\% + 0.33Cu\% + 0.5Mn\% + 30C\% + 30N\%$

$Creq/Nieq = 2.3 \sim 2.75$ であり、この鋼のオーステナイトの安定性は重量組成に基づいて定義される下記のIM指数によって制御され、このIMは40~115でなければならない：

$IM = 551 - 805(C+N)\% - 8.52Si\% - 8.57Mn\% - 12.51Cr\% - 36Ni\% - 34.5Cu\% - 14Mo\%$

【0007】本発明の他の特徴は下記の点にある：

1) 組成が下記の関係を満足する：

$Creq/Nieq = 2.4 \sim 2.65$

2) 硫黄含有率が0.0015%以下である。

3) 鋼は重量組成中に0.010%~0.030%のアルミニウムを含む。

4) 鋼は重量組成中に0.0005%~0.0020%のカルシウムを含む。

5) 鋼は重量組成中に0.0005%~0.0030%のホウ素を含む。

6) 炭素含有率が0.03%以下である。

7) 窒素含有率が0.12%~0.2%である。

8) クロム含有率が19~21%である。

9) 珪素含有率が0.5~1%である。

10) 銅含有率が3%以下である。

11) リン含有率が0.04%以下である。

【0008】本発明のオーステナイト・フェライト系鋼は合金元素含有率が低く、特にニッケル含有率は1%以下、クロム含有率が22%以下である。ニッケル含有率を低げるとは経済的理由および環境保護上の理由で要求されており、クロム含有率含有率を低げることによって鋼の精練が容易になり、鋼の製造及び使用中の高温での脆化を防止できる。本発明は研究によって、オーステナイト・フェライト系鋼の特定の組成範囲が高い降伏応力および引張り伸びを向上させるということを見出したものである。この鋼は鍛造製品、鍛造製品、熱間圧延シート、冷間圧延シート、棒、管またはワイヤの形に加工することができる。以下、図面を参照して本発明を説明するが、本発明が下記実施例に限定されるものではない。

【0009】

【実施例】〔表1〕に示す組成の鋼を用いて各種の鍛造品を作製した：

【0010】

【表1】

## 鋼の重量組成

	D	C	B	A	A	A	E	F	C	C	C
C	0.028	0.025	0.031	0.033	0.03	0.03	0.03	0.032	0.033	0.036	0.033
Si	0.538	0.525	0.485	1.055	1.06	1.10	1.10	0.575	0.494	0.947	0.538
Mn	3.713	3.747	3.786	4.073	3.89	3.99	3.99	3.847	3.825	5.018	3.758
Ni	0.087	0.509	0.811	0.817	0.824	0.821	0.821	0.827	0.839	0.832	0.840
Cr	18.9	19.89	20.71	21.2	21.19	20.2	20.2	19.01	19.86	18.96	19.86
Mo	0.035	0.036	0.036	0.037	0.211	0.212	0.212	0.211	0.206	0.210	0.209
Ca	0.044	0.392	0.391	0.395	0.4	0.402	0.402	1.023	0.384	5.048	0.933
O					35-37ppm	17-19ppm	33-37ppm	37-38ppm	32-32ppm	26-28ppm	
S	34ppm	35ppm	35ppm	37ppm	64ppm	4ppm	10ppm	12ppm	9ppm	10ppm	
B										14ppm	
P	0.017	0.018	0.017	0.018	0.017	0.017	0.018	0.018	0.016	0.019	0.016
Al	-	-	-	-	0.010	0.010	0.007	0.007	0.007	0.011	0.007
N	0.132	0.15	0.136	0.17	0.167	0.166	0.155	0.143	0.143	0.104	0.136
V	0.091	0.094	0.097	0.103	-	0.072	0.078	0.088	0.081	0.088	0.086

【0011】〔表2〕はIM指数と $C_{req}/N_{req}$ 比についての鋼の特徴を示したものである。

【0012】

〔表2〕

	D	C	B	A	A	E	P	C	C	C	(低S、B)
鋼											
Creq/Nieq	2.92	2.57	2.74	2.51	2.61	2.50	2.39	2.59	2.41	2.64	
短い製造ラインの後	41	49	39	40	41	91	68	78	12	89	
長い製造ラインの後	42	52	41	43	44	91	68	78	12	89	
熱間圧延後の状態	37	42	33	35	38	91	68	78	12	89	
IM	144	81	78	35	38	91	68	78	12	89	

【0016】これらのオーステナイト含有率はオーステン・フェライト系鋼において望ましい30%~70%の範囲に含まれる。各鋼は本発明において推奨されるCreq/Nieq比を有する。〔表4〕は本発明の鋼BとC（長い製造ラインおよび短い製造ラインの両方）、本

【0013】短い製造ライン（gamme courte d'elaboration）では鋼を1200℃で鍛造し、その後、1240℃の高温で二次加工して例えば厚さ2.2mmの熱間圧延ストリップを製造する。このストリップを1050℃で処理した後、水で急冷される。いわゆる長い製造ライン（gamme longue d'elaboration）では、短い製造ラインでの製造が終了した後、熱間圧延されたストリップを冷間圧延し、再び1040℃分で1分間処理した後、水で急冷する。ここに示した鋼は鋼Dを除いて全てフェライトとオーステナイトとで構成される。Dはオーステナイトの冷却中に生成するマルテンサイトをさらに含む。これらの鋼の構造には炭化物や窒化物は含まれない。3種類の鋼B、C、Fは長い製造ラインで製造した場合の破断点伸びが40%以上であり、降伏応力は450MPa以上であり、引張り強度は700MPa以上であることが観察されている。鋼Cは高い降伏応力と、特に高い伸びを有する。

【0014】図1に示すように、下記：

IM=551-805 (C+N)%-8.52Si%-8.57Mn%-12.51Cr%-36.02Ni%-34.52Cu%-13.96Mo%

のオーステナイト安定性指数を用いることによって、このIM指数が40~115である時に、本発明のオーステン・フェライト系鋼組成は破断点伸びが最大値となることが観察されており、このことから、本発明鋼の伸び35%以上が定義される。〔表3〕は本発明で得られる鋼板の特徴を示す。この表は、4種類の鋼について二次加工の各種段階すなわち熱間圧延後の状態、短い製造ラインの後、長い製造ラインの後でのオーステナイト含有率を示している。

【0015】

〔表3〕

	D	C	B	A
熱間圧延後の状態	37	42	33	35
短い製造ラインの後	41	49	39	40
長い製造ラインの後	42	52	41	43

発明の鋼EおよびF（長い製造ライン）の機械特性を示し、本発明に含まれない鋼AおよびDの特性と比較した。

【0017】

〔表4〕

## 機械特性

鋼		弾性限界 Rp0.2% (Mpa)	破断限界 Rm (Mpa)	伸び A%	IM	引張り後の マルテンサイト %
D	短い製造ライン	406	804	32	144	-
	長い製造ライン	433	855	24	-	31
C	短い製造ライン	478	757	48	81	-
	長い製造ライン	501	817	43	-	27
B	短い製造ライン	450	668	34	78	-
	長い製造ライン	471	714	40	-	5
E	短い製造ライン	-	-	-	51	-
	長い製造ライン	484	737	36	-	-
F	短い製造ライン	-	-	-	69	-
	長い製造ライン	492	819	44	-	-
A	短い製造ライン	496	718	36	35	-
	長い製造ライン	520	773	33	-	0

【0018】鋼B、C、FのIM指数はそれぞれ78、81および68すなわち40～115の範囲内になる。これらは鋼は本発明に含まれない鋼A、Dと比較したときに特に優れた伸びを有することが分かる。〔表5〕は1040℃で過硬化させた鋼の引張り作用下で生じるひ

ずみ硬化マルテンサイト (martensite ecrouissage) の形成度を示している。

【0019】

〔表5〕

鋼	A	B	C	D
オーステナイト%	43	41	52	42
分配伸び	25	33	37	22
引張り後のオーステナイト%	43	36	25	9
マルテンサイトの生成	0	5	27	31
引張り時にマルテンサイトに変化したオーステナイトの部分	0	0.12	0.52	0.74

【0020】鋼BおよびCの場合、初めのオーステナイトの12%および52%が引張り時にマルテンサイトに変化して優れた延性が得られている。これに対して鋼Aではオーステナイトが引張り時にマルテンサイトに変化せず、鋼Dではオーステナイト変態の比率が過度すなわち74%と高く、延性が不十分になる。〔表6〕〔表7〕は各種の鋼の高温引張り特性を示している。機械特性は、焼きなまし後の精練鋼で測定した。精練は鋼を1200℃で鍛造して行った。その後、1100℃の温度

で30分間焼きなました。引張り試験用の試験片は、直径8mmの円形断面を有する長さ5mmの試験片である。それを1200℃～1280℃で5分間予備加熱した後、2℃/秒の速度で試験温度まで冷却し、この温度で引張試験を行った。引張試験は73mm/秒の引張速度で行った。

【0021】

〔表6〕

初期保持温度を1200℃とした時の高温引張試験  
における直径減少率(%)

鋼	C	E	F	C (低S)	G	C (低S; B)
試験温度						
900℃	34	42	50	46	22	49
950℃	33	43	45	44	13	47
1000℃	36	44	42	49	24	53
1050℃	48	-	40	49	24	53
1100℃	52	-	43	54	35	59
1150℃	65	-	51	58	42	62
1200℃	69	-	61	68	42	65

【0022】

【表7】

初期保持温度を1280℃とした時の高温引張試験  
における直径減少率(%)

鋼	C	E	F	C (低S)	G	C (低S; B)
試験温度						
900℃	34	42	50	46	22	49
950℃	33	43	45	46	13	47
1000℃	36	44	42	49	24	53
1050℃	48	-	40	49	24	53
1100℃	52	-	43	54	35	59
1150℃	65	-	51	58	42	62
1200℃	69	-	61	68	42	65

【0023】高温延性は一般に低い、組成中に15×10<sup>-4</sup>%の硫黄を含む鋼については改良が見られる。鋼を熱間圧延するには45%を超える断面の直径減少率が必要であると考えられる。組成中にホウ素を含む鋼C(低S)および鋼C(低S; B)は、1200℃で再加熱した場合にこの特徴を示す。高温延性特性は本発明の非常に低い硫黄含有率の存在下で達成される。35×10<sup>-4</sup>%の硫黄を含有する鋼Cは十分な高温延性を示さない。炭素含有率は0.04%を超えてはならない。さもないと熱処理後の冷却時にフェライト/オーステナイト境界面で炭化クロムが析出し、耐食性が損なわれる。炭素含有率を0.03%未満にすることで最も低い冷却速度においてこの析出を防ぐことが可能になる。硅素含有率はスラブまたはブルームを再加熱する際の過度の酸化を防ぐために0.4%以上でなければならない。高温加工時の金属間脆化析出物またはシグマ相が生じるのを防ぐために、硅素含有率は1.2%に制限される。硅素含有率は0.5~1%であるのが好ましい。

【0024】マンガン含有率は、製造が困難になるのを避けるために、4%を超えてはならない。しかし、凝固

中の窒素溶解度限界を越えずに0.1%以上の窒素を導入して鋼をオーステナイトにするためには、最低でも2%のマンガンを含有することが必要である。ニッケル含有率は経済的な理由および塩素媒体中での応力腐食を抑えるために、意図的に1%に制限される。さらに、材料からのニッケルの放出、特に河川や海への放出と皮膚との接触時の放出を減らす方針が国際的に打ち出されている。モリブデンは腐食耐性を向上させるために任意でいふんとして添加できる。その効果は約3%を超えるとほとんど増加せず、モリブデンはシグマ相の形成によって脆性を増加させるので、添加には制限が必要である。

【0025】銅の添加はオーステナイト含有率を増加させる上で効果的である。4%以上では熱間圧延による欠陥が見られるようになり、これは銅を豊富に含む凝固偏析によるものである。銅の添加はさらに400℃~600℃の熱処理によってフェライト相を硬化させ、使用時には殺菌効果を示す。硫黄含有率は、高温割れを起こさずに鋼を溶接可能にするために、0.030%に制限されなければならない。0.0015%未満の硫黄含有率では高温延性および熱間圧延の品質が大幅に向上する。



この低い硫黄含有率はCa、AlおよびSの含有率範囲を達成するためにカルシウムおよびアルミニウムを制御下に使用することで達成される。5～30×10<sup>-4</sup>%のホウ素含有率も高温延性を向上させる。リン含有率は、溶接時の高温割れを防ぐために、0.1%以下、好ましくは0.04%以下にする。

【0026】窒素含有率は鋼製造中の鋼に対する溶解性のために0.3%に制限される。マンガン含有率が3%以下の場合、窒素含有率は0.2%以下にするのが好ましい。オーステナイトの量を30%以上にするには、最低0.1%の窒素が必要である。クロム含有率は、高温加工中のシグマ相およびフェライト-フェライト分離に起因する脆化を防ぐために十分低い値にする。本発明のクロム含有率は超塑性成形に用いられる通常のオーステン-フェライトグレードとは異なり、700℃～1000℃という中程度の温度でシグマ脆化相を生成させることなく超塑性物の成形を可能にする。優れた機械的特性すなわち製造された鋼および溶接部における弾性限界（降伏応力）を400MPa以上にするためには30～70%のオーステナイト含有率が必要である（オーステ

ナイト含有率を20%以上にして溶接部を硬質且つ強靱にしなければならない）。これを達成するためにはCr eq/Ni eq比を2.3～2.75、好ましくは2.4～2.65にする。35%以上の引張り伸びはIM指数が40～115である場合に達成され、本発明の鋼はこれらの条件下で優れた絞り加工(emboutissage)特性を示す。

【0027】本発明の鋼は成形後に溶接によって連結される部品、例えば火薬、推進剤、その他の反応性火工品、特に自動車用エアバック装置などに使用される火薬を収容する容器などの、成形のために高い延性を有し、しかもベース金属および溶接部が用途において要求される高い弾性限界が要求される用途で利用される。本発明鋼は圧延シートを溶接して管を製造するのに利用できる。この管は自動車に固定または組み込まれる機械構造物の製造に用いられる。この管はハイドロホームとよばれる高圧成形法で成形することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 伸び特性のIM指数に対する依存性を示すグラフ。

【図1】

